ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

ANNO CCCXXII

1925

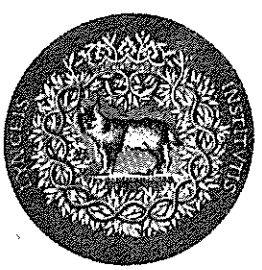
SERIE SESTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

Volume I. - Fascicolo 1.

Seduta del 4 gennaio 1925



ROMA

DOTT. GIOVANNI BARDI

TIPOGRAFO DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

1925

Astrofisica. — *Un nuovo interferometro stellare.* Nota [1] del dott. VASCO RONCHI, presentata dal Socio A. GARBASSO [2].

La luce di una stella (celeste o artificiale) cada sopra un sistema ottico convergente, in modo che ne emergano onde sferiche in un punto reale F (fig. 1). Per semplicità di esposizione, supponiamo che si tratti di un obbiettivo, o che la stella sia a distanza infinita, in modo che F coincide col fuoco.

Un reticolo R a tratti rettilinei, interposto sul cammino dell'onda emergente, la scinde in numerose onde diffratte, che possiamo raccogliere sopra uno schermo HK normale all'asse dell'obbiettivo. Per semplicità poniamo anche il reticolo normale all'asse.

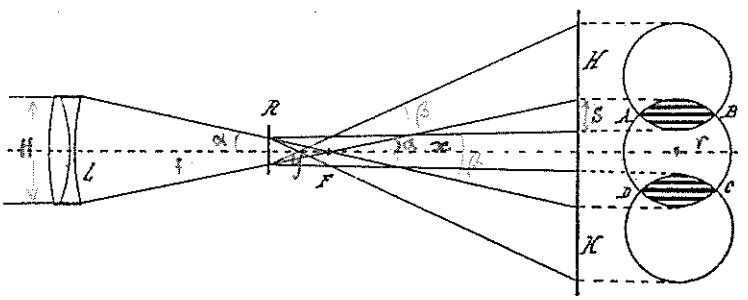


Fig. 1.

Se l'obbiettivo ha il contorno circolare, come di solito, la zona luminosa centrale, sullo schermo, corrispondente all'onda diretta, è circolare e le altre sono dei dischi che, coll'approssimazione sufficiente per il nostro scopo, si possono considerare circolari e uguali al disco centrale.

Chiamando:

f = la distanza focale dell'obbiettivo;

α = la semiapertura angolare dell'onda sferica considerata;

β = l'angolo di cui sono ruotate una sull'altra le onde diffratte dal reticolo;

λ = la lunghezza d'onda della luce adoperata;

m = la frequenza del reticolo (= numero dei tratti per unità di lunghezza);

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Fisica della R. Università di Firenze-Arcetri.

(2) Presentata nella seduta del 17 maggio 1925.

y = la distanza fra il reticolo e il centro F dell'onda, contata in senso contrario a quello di propagazione della luce;

x = la distanza fra F e lo schermo, contata in senso contrario ad y;

H = il raggio dell'orlo dell'obbiettivo;

r = il raggio del disco centrale sullo schermo;

s = lo spostamento di un disco rispetto all'altro sullo schermo;

si hanno le relazioni:

$$\beta = \lambda m \quad , \quad s = \beta (x + y)$$

valide per valori di m non molto grandi, come del resto sono quelli che si richiedono nei casi comuni.

Supponiamo il reticolo così vicino ad F che y sia trascurabile rispetto ad x; allora

$$s = x\beta \quad , \quad r = \alpha x .$$

Per $\beta = 2\alpha$ i vari dischi sono tangenti esternamente; per $\alpha < \beta < 2\alpha$, in parte si sovrappongono, dando luogo a frangie sensibilmente rettilinee, parallele ed equidistanti di frequenza $M = my/x$. Quando $\beta = \alpha$ sono tangenti fra loro le onde di primo ordine; e per $\beta < \alpha$ i vari dischi si sovrappongono per aree sempre maggiori, dando luogo a configurazioni sempre più complesse.

Scegliendo un opportuno valore di x si può far sì che r sia uguale al raggio H dell'obbiettivo; e la figura che in queste condizioni si vede sullo schermo è quella stessa che si vede ad occhio nudo guardando l'obbiettivo di dietro il reticolo, in modo che tutto il fascio luminoso entri nella pupilla.

Se il reticolo si sposta nel proprio piano in una direzione normale ai tratti, anche le frangie si spostano nella stessa direzione, e quando il reticolo si è spostato di un tratto uguale al suo periodo $1/m$, le frangie si sono spostate di una intera frangia, perchè tutto deve tornare nelle condizioni iniziali. Il fatto si spiega subito colla variazione della differenza di fase che esiste fra i centri delle varie onde diffratte.

Si può dire che sotto questo rapporto le frangie si comportano come se fossero l'ombra del reticolo.

Se sull'obbiettivo arrivano le onde luminose di due stelle, supponiamo ugualmente intense, distanti angolarmente di γ, si formano due sistemi di frangie spostati uno sull'altro di tante frangie quanti sono i tratti t di reticolo, supposto nel piano focale, compresi fra le immagini delle due stelle; e quando t è un intero, i due sistemi si sovrappongono, diciamo, *in fase* e le frangie appaiono nette, mentre il campo appare uniforme quando t è un numero dispari di mezzi tratti, perchè le frangie chiare di un sistema coincidono con quelle oscure dell'altro. Configurazioni intermedie si presentano

quando il numero dei semitratti compresi fra le immagini delle sorgenti è frazionario e quando le sorgenti stesse hanno diversa intensità.

Una volta data la frequenza del reticolo, m, possiamo determinare qual'è il minimo valore di γ sensibile con questo dispositivo: infatti, poichè quando i tratti sono orientati ad angolo retto sulla congiungente le due stelle, le frangie svaniscono tutte le volte che $\gamma = (2k - 1)/2mf$, con $k = 1, 2, \cdots$, il valor minimo di γ è $\gamma = 1/2mf$.

Però non tutte le frequenze possono esser adoperate con un dato obbiettivo, perchè quando $m = 2\alpha/\lambda$, come si è detto, le frangie non si possono più formare; ma con un reticolo leggermente più rado, se ne hanno già abbastanza per poterle esaminare comodamente. Le condizioni più favorevoli si ottengono com $m = \alpha/\lambda$, perche allora ogni onda si sovrappone per metà sulle adiacenti, ma non è necessario arrivare a un valore così basso. Mettendoci nelle condizioni limiti, il minimo valore di γ osservabile con un dato obbiettivo è:

$$\gamma = \lambda/4\,\alpha f = \lambda/4\,H\,.$$

Per valori inferiori di λ, le frangie presentano ancora un massimo e un minimo di nettezza per due orientazioni ad angolo retto, ma anche nel caso più favorevole, cioè quando le stelle hanno la stessa intensità, non si arriva mai alla completa scomparsa. In questo modo si possono apprezzare valori di γ piccolissimi fino ad un limite che dipende troppo dalle condizioni sperimentali per poterlo stabilire anche all'ingrosso.

Una volta dato il reticolo, qualunque sia la sua frequenza, purchè inferiore al limite stabilito, le frangie sono sempre nitide quando i tratti sono paralleli alla congiungente le due stelle: ruotando il reticolo nel suo piano, le frangie presentano in generale diversi massimi e minimi di nettezza, a seconda della distanza angolare γ. Come si è detto sopra, quand $\gamma < 1/2mf$, si ha un minimo per $\varphi = 90°$ e un altro per $\varphi = 270°$, con un massimo per $\varphi = 180°$, chiamando φ l'angolo di cui è ruotato il reticolo a partire dalla posizione di parallelismo; però anche supponendo uguali le intensità delle due stelle, non si ha mai la scomparsa completa delle frangie; questa si ha per $\gamma = 1/2mf$; e, se $\gamma > 1/2mf$, per tutti quei valori di φ per cui:

$$\gamma \operatorname{sen} \varphi_{2k-1} = (2k - 1)/2mf \qquad (k = 1, 2, \cdots)$$

e perciò, in ogni quadrante si hanno tanti minimi quanti sono i valori interi di k che soddisfano alla diseguaglianza:

$$2k - 1 < 2mf\gamma\,.$$

I massimi di nettezza, alternati con questi minimi, corrispondono ai valori di φ tali che:

$$\gamma \operatorname{sen} \varphi_{2k-2} = (2k - 2)/2mf \qquad (k = 1, 2, \cdots)\,.$$

Abbiamo eseguito vari esperimenti, per controllare la validità di queste formule, osservando con un obbiettivo acromatico, di $f = 28{,}5$ cm. e $H = 0{,}7$ cm., due forellini circolari, ciascuno di 0,022 cm. di diametro e coi centri distanti 0,093 cm. La distanza tra la sorgente e l'obbiettivo poteva raggiungere 45 m. Il reticolo, di 500 tratti per cm. era girevole nel suo piano, e mediante un indice segnava gli angoli sopra un semicerchio graduato. I forellini erano illuminati con una lampada di Nernst, essendo essenziale una sorgente luminosa costante.

L'accordo colle previsioni è stato completo; la distanza fra i forellini potè esser misurata con un error medio relativo di circa 0,5 %.

Le prove furono eseguite in luce bianca e in luce monocromatica e i risultati furono dello stesso ordine di precisione; si ottenne invece assai di più quando i forellini erano illuminati con luci di colore molto diverso, come si ottiene proiettandovi sopra uno spettro colla dispersione parallela alla loro congiungente. Ma data la poca importanza di questo caso, non entreremo in ulteriori dettagli.

Quando le stelle artificiali sono monocromatiche, le frangie appaiono in tutte le zone comuni a due onde diffratte consecutive, qualunque sia il loro ordine, finchè l'intensità luminosa permette di percepirle; in generale l'onda diretta e le due diffratte di prim'ordine sono le più intense e quelle prevalentemente osservate. Le frangie sono rettilinee, parallele ed equidistanti solo quando tutto il percorso tra le stelle e la retina dell'osservatore, (o lo schermo) è otticamente perfetto; perciò in pratica subiscono delle deformazioni [1] sia per le eventuali aberrazioni e irregolarità dell'obbiettivo, sia per le alterazioni a cui può andar soggetto il mezzo percorso dai raggi.

Alcuni esperimenti eseguiti collo scopo di valutare l'influenza di questi fattori hanno portato a concludere che le aberrazioni, a meno che non siano enormi, non danno alcuna noia; tanto che si son fatte misure molto precise anche con una lente biconvessa semplice e mal centrata; invece i disturbi dell'aria, che producono un continuo movimento delle frangie, se non danno quasi alcuna noia quando le stelle son ben luminose, impediscono la visione delle frangie quando sono molto deboli; ma altrimenti non alterano la precisione delle misure. Durante le nostre prove i raggi luminosi passavano sopra una stufa elettrica accesa.

Così ben poca influenza ha la distanza y tra il reticolo e il fuoco; bisogna che le frangie siano molto sottili perchè abbiano una sensibilità inferiore, specie nel determinare i minimi di nettezza. Ciò spiega anche perchè le aberrazioni dell'obbiettivo abbiano una influenza sensibile soltanto quando sono molto forti.

Quando le stelle sono bianche, le frangie sono alquanto colorate agli orli, nonostante che la loro larghezza sia indipendente da λ; e ciò sia per

(1) V. Ronchi, «Nuovo Cimento», nuova serie, III, 1924.

l'aberrazione cromatica dell'obbiettivo, sia perchè i singoli sistemi monocromatici di frangie pur avendo la stessa frequenza sono leggermente spostati uno sull'altro, trasversalmente. Anche con tutto questo, a meno che l'obbiettivo non abbia una aberrazione cromatica enorme, si vedono tutte le frangie dovute alle tre onde centrali, e soltanto quelle dove intervengono le onde diffratte di second'ordine o superiori sono confuse o addirittura invisibili. Però l'esame delle frangie centrali è più che sufficiente per lo scopo; e anzi aggiungiamo che la tenue colorazione agli orli costituisce un ulteriore elemento per giudicare i massimi di nettezza, perchè la figura complessiva deve mostrare una completa simmetria, quando l'obbiettivo è ben centrato, elemento che non si ha in luce monocromatica. Ciò spiega anche perchè le misure riescano assai più precise se le stelle hanno diversa colorazione.

Lo scopo di queste prove era di studiare la convenienza dell'applicazione di questo dispositivo alla misura dei diametri stellari e delle stelle doppie nel campo astronomico.

Il limite superiore di sensibilità è quello stesso dell'interferometro che applicato da A. A. Michelson [1] fin dal 1890 a questo genere di misure ha preso ora notevole sviluppo [2]; però i reticoli dovrebbero esser più vantaggiosi, sia perchè non si limita affatto l'ingresso della luce nell'obbiettivo, sia perchè si sopprime l'oculare; ma soprattutto perchè le frangie coi reticoli sono indipendenti da λ; e così non solo viene evitato il calcolo della *lunghezza di onda effettiva*, con tutte le incertezze inerenti, ma vengono evitati anche per la maggior parte, se non tutti, i disturbi dovuti alla dispersione atmosferica.

Prove di confronto eseguite in Laboratorio con un interferometro del tipo di Michelson (fessure davanti all'obbiettivo) e con un reticolo equivalente, a parità completa di tutte le altre condizioni, sono state nettamente favorevoli per il secondo; con questo, fra l'altro erano possibili le misure anche quando un prisma sottile era posto davanti all'obbiettivo, mentre coll'interferometro non si percepivano più frangie. Però un confronto esauriente può farsi solo sul cielo, da chi possegga gli strumenti adatti nell'uno e nell'altro campo.

Ora sono in corso misure di stelle doppie coll'equatoriale di Amici (28 cm.) dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, per provare quale precisione si può raggiungere sul cielo, mediante i reticoli.

(1) A. A. Michelson, « Phil. Mag. », XXX, p. 1, 1890. « Astr. phys. Jour. », LIII, p. 249, 1921.

(2) J. A. Anderson, « Astr. phys. Jour. », LI, p. 263, 1920.